



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN PARA EL
INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE
TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN ACEITE, EN LA
EMPRESA ELECTRO VOLT INGENIEROS S.A”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:
Elías Ríos Núñez

Asesor:
Ing. Mg. Carlos Bueno Ponce

Lima - Perú
2018

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
I.1. Antecedentes	13
I.1.1. De la organización.	13
I.1.2. Cadena de valor de Electro Volt Ingenieros S.A.	20
I.2. Determinación del problema de la investigación	21
I.3. Justificación	21
I.4. Objetivos	22
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	24
II.1. Análisis del sector eléctrico	24
II.1.1. Sector eléctrico en el mundo.....	24
II.1.2. Sector eléctrico en el Perú	26
II.1.3. Marco normativo del sector eléctrico peruano	30
II.2. Metodologías y herramientas	39
II.2.1. Gestión de la producción	39
II.2.2. La productividad	43
II.2.3. Mejora de procesos	47
II.2.4. Distribución de planta	70
II.3. Transformadores eléctricos.....	74
II.3.1. Tipos de transformadores eléctricos.....	74
II.3.2. Clasificación de transformadores por protección	76
II.3.3. Elementos de un transformador eléctrico	77
II.3.4. Componentes de un transformador eléctrico	77
II.4. Definición de términos básicos	80
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	82
III.1. Diagnostico Situacional.....	82
III.1.1. Análisis y Caracterización del Proceso	82
III.1.2. Análisis de los indicadores	101
III.1.3. Determinación de las brechas	111
III.1.4. Determinación de la problemática y causas raíz	112
III.2. Determinación de la propuesta de solución	119

III.2.1.	Planteamiento de propuesta de solución.....	119
III.2.2.	Evaluación y selección de la propuesta de solución.....	120
III.3.	Planificación del proyecto de mejora	121
III.3.1.	Cronograma de la implementación	121
CAPÍTULO IV.	RESULTADOS	123
IV.1.	Desarrollo de la mejora	123
IV.1.1.	Realización de las actividades de mejora – Plan de acción	123
IV.1.2.	Costo de la implementación	143
CAPÍTULO V.	DISCUSIÓN.....	145
V.1.	Productividad	145
V.2.	Costo de producción	146
V.3.	Distribución de Planta	149
V.4.	Evaluación Beneficio – Costo	151
CONCLUSIONES.....		154
RECOMENDACIONES		155
REFERENCIAS.....		156
ANEXOS		157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 2.1.1.1 Principales centrales hidroeléctricas en el mundo.....	26
Tabla n.º 2.1.3.1 Regulación y supervisión de las actividades del sector eléctrico.....	34
Tabla n.º 2.1.3.2 Número de proyectos contratados.....	37
Tabla n.º 2.2.4.1 Diagrama de relaciones – Matriz de recorridos.....	73
Tabla n.º 2.2.4.2 Matriz de prioridades.....	73
Tabla n.º 3.1.2.1 Fuerza Laboral – Producción.....	101
Tabla n.º 3.1.2.2 Proceso de fabricación del Transformador sumergido en aceite estándar (Modelo 500KVA).....	102
Tabla n.º 3.1.2.3 Horas x Maquina.....	102
Tabla n.º 3.1.2.4 Energía Eléctrica por proceso.....	103
Tabla n.º 3.1.2.5 Materia Prima por proceso	104
Tabla n.º 3.1.2.6 Procesos – Producción.....	105
Tabla n.º 3.1.2.7 Áreas en Producción	107
Tabla n.º 3.1.2.8 Matriz de inter-relaciones	108
Tabla n.º 3.1.2.9 Movimientos entre áreas	109
Tabla n.º 3.1.3.1 Valor estadístico del comportamiento de la productividad	111
Tabla n.º 3.1.4.1 Factores de la productividad	116
Tabla n.º 3.1.4.2 Escala de impacto.....	116
Tabla n.º 3.1.4.3 Matriz de Ponderación.....	117
Tabla n.º 3.1.4.4 Matriz de afinidad	118
Tabla n.º 3.1.4.5 Causa raíces del área de producción	119
Tabla n.º 3.2.2.1 Selección de alternativa de solución	121
Tabla n.º 4.1.1.1 Horas hombre por fabricación de un transformador	124
Tabla n.º 4.1.1.2 Horas x Maquina.....	125
Tabla n.º 4.1.1.3 Energía Eléctrica por proceso.....	126
Tabla n.º 4.1.1.4 Materia Prima por proceso.....	127
Tabla n.º 4.1.1.5 Ventas de transformadores por Potencia.....	128
Tabla n.º 4.1.1.6 Estimación del costo de la hora hombre.....	129
Tabla n.º 4.1.1.7 Costo unitario por transformador.....	130
Tabla n.º 4.1.1.8 Registro de datos – Producción	131
Tabla n.º 4.1.1.9 Cálculo de la Productividad	132
Tabla n.º 4.1.1.10 Costo unitario por transformador	133
Tabla n.º 4.1.1.11 Registro de datos – Producción	133
Tabla n.º 4.1.1.12 Cálculo de la Productividad	134
Tabla n.º 4.1.1.13 Matriz de relaciones	136
Tabla n.º 4.1.1.14 Prioridades	137
Tabla n.º 4.1.1.15 Matriz de Prioridades	137
Tabla n.º 4.1.1.16 Movimientos entre áreas	138

Tabla n.º 4.1.1.17 Diagrama de Hilos SLP	139
Tabla n.º 4.1.2.1 Costos de implementación	143
Tabla n.º 5.1.1 Comparativo de la implementación	145
Tabla n.º 5.2.1 Comparativo de costos por recursos	147
Tabla n.º 5.2.2 Comparativo de costos total	148
Tabla n.º 5.2.3 Calculo de Utilidad bruta	148
Tabla n.º 5.4.1 Flujo de Caja Proyectado	152
Tabla n.º 5.4.2 Indicadores de rentabilidad	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1.1.1.1. Mapa de localización	14
Figura n.º 1.1.1.2. Organigrama estructural	15
Figura n.º 1.1.1.3. Transformador sumergido en aceite y transformador en resina epóxica.....	17
Figura n.º 1.1.1.4. Subestaciones eléctricas compacta y convencional.	17
Figura n.º 1.1.1.5. Tablero de distribución y Celdas modulares.....	18
Figura n.º 1.1.2.1. Cadena de valor de Electro Volt Ingenieros S.A.	20
Figura n.º 2.1.1.1 Evolución de la capacidad instalada de generación en Perú, Latinoamérica y el mundo	25
Figura n.º 2.1.1.2 Evolución del parque de generación eléctrico por tipo de fuente primaria.....	26
Figura n.º 2.1.2.1 Principales hechos de los inicios del sector eléctrico	27
Figura n.º 2.1.3.1 Diseño institucional del sector eléctrico durante el gobierno de Odría	30
Figura n.º 2.1.3.2 Esquema de reestructuración y privatización de las empresas eléctricas en el Perú en los noventa.....	32
Figura n.º 2.1.3.3 Competencias de MEM y Osinergmin	33
Figura n.º 2.1.3.4 Funciones de Osinergmin	34
Figura n.º 2.1.3.5 Esquema de plan de transmisión	35
Figura n.º 2.1.3.6 Marco normativo de los RER en el Perú	36
Figura n.º 2.1.3.7 Marco Institucional para RER.....	36
Figura n.º 2.1.3.8 Energía RER adjudicada en las cuatro subastas RER según tecnología, 2008-2015	37
Figura n.º 2.1.3.9 Línea de tiempo de la Reglamentación del Sector Eléctrico en el Perú.....	38
Figura n.º 2.2.2.1 Características de la productividad en empresas de servicios	45
Figura n.º 2.2.2.2 Medición de la productividad	46
Figura n.º 2.2.2.3 Índice de productividad	47
Figura n.º 2.2.3.1 Diagrama del modelo de pensamiento creativo y lógico	50
Figura n.º 2.2.3.2 Acta de constitución de equipo de mejora continua	52
Figura n.º 2.2.3.3 Etapas del proceso	55
Figura n.º 2.2.3.4 Indicador de capacidad la utilización	59
Figura n.º 2.2.3.5 Indicador de capacidad la eficiencia	59
Figura n.º 2.2.3.6 Horas Productivas	60
Figura n.º 2.2.3.7 Desglose de Horas de Trabajo	61
Figura n.º 2.2.3.8 Ciclo PDCA	62
Figura n.º 2.2.3.9 Ruta de la calidad	63
Figura n.º 2.2.3.10 Resumen de la Ruta de la calidad	65
Figura n.º 2.2.3.11 Diagramas de Ishikawa	66

Figura n.º 2.2.3.12 Formato de control de información	67
Figura n.º 2.2.3.13 Gráfico de control	67
Figura n.º 2.2.3.14 Ejemplo de Flujograma	68
Figura n.º 2.2.3.15 Histograma	69
Figura n.º 2.2.3.16 Pareto	69
Figura n.º 2.2.3.17 Diagrama de dispersión	70
Figura n.º 2.2.4.1 Distribución por proceso	71
Figura n.º 2.2.4.2 Distribución por producto	71
Figura n.º 2.2.4.3 Distribución híbrida - Hombre maquina	72
Figura n.º 2.2.4.4 Tecnologías de grupos	72
Figura n.º 2.2.4.5 Diagrama de espacios.....	74
Figura n.º 2.3.1.1 Clasificación de los transformadores	74
Figura n.º 2.3.1.2 Clasificación Según el tipo de construcción y operación	75
Figura n.º 2.3.2.1 Transformador monofásico	76
Figura n.º 2.3.2.2 Transformador Trifásico	77
Figura n.º 2.3.4.1 Componentes de un transformador	79
Figura n.º 2.3.4.2 Transformador mixto – sumergido	79
Figura n.º 3.1.1.1 Flujo de proceso – Departamento de comercial	83
Figura n.º 3.1.1.2 Flujo de proceso – Departamento ingeniería de diseño	84
Figura n.º 3.1.1.3 Plano de diseño eléctrico	85
Figura n.º 3.1.1.4 Plano de diseño mecánico	86
Figura n.º 3.1.1.5 Flujo de proceso – Producción	87
Figura n.º 3.1.1.6 Flujo de proceso – Compras	88
Figura n.º 3.1.1.7 Flujo de proceso – Despacho	89
Figura n.º 3.1.1.8 Flujo de proceso – Control de calidad.....	90
Figura n.º 3.1.1.9 Bobinado	92
Figura n.º 3.1.1.10 Armado de núcleo magnético.....	92
Figura n.º 3.1.1.11 Conexionado de parte activa.....	93
Figura n.º 3.1.1.12 Secado térmico	94
Figura n.º 3.1.1.13 Fabricación de tanque (A)	95
Figura n.º 3.1.1.14 Fabricación de tanque (B)	95
Figura n.º 3.1.1.15 Pintado de tanque	96
Figura n.º 3.1.1.16 Encubado	97
Figura n.º 3.1.1.17 Pruebas de rutina	98
Figura n.º 3.1.1.18 Acabados finales	98
Figura n.º 3.1.1.19 Diagrama de flujo de transformador sumergido en aceite (Antes)..	100
Figura n.º 3.1.2.1 Proceso de Producción	106
Figura n.º 3.1.2.2 Distribución de planta.....	108
Figura n.º 3.1.2.3 Distribución de planta (antes de la mejora).....	110

Figura n.º 3.1.3.1 Comportamiento de la productividad	111
Figura n.º 3.1.3.2 Cumplimiento de producción	112
Figura n.º 3.1.4.1 Brainstorming	113
Figura n.º 3.1.4.2 Diagrama de Ishikawa – Espina de pescado	115
Figura n.º 3.3.1.1 Cronograma para la implementación	122
Figura n.º 3.3.1.2 Cronograma para la ejecución del proyecto de mejora.....	122
Figura n.º 4.1.1.1 Costo promedio de KW.....	129
Figura n.º 4.1.1.2 Costo promedio de hora maquina	130
Figura n.º 4.1.1.3 Diagrama de flujo de transformador sumergido en aceite (Con mejora)	135
Figura n.º 4.1.1.4 Rediseño distribución de planta.....	138
Figura n.º 4.1.1.5 Diagrama de Hilos SLP	139
Figura n.º 4.1.1.6 Distribución de planta mejorado	140
Figura n.º 4.1.1.7 Rediseño de layout de planta	142
Figura n.º 5.1.1 Incremento de la productividad	146
Figura n.º 5.3.1 Relaciones inter-áreas en Producción	149
Figura n.º 5.3.2 Distribución sin mejora	150
Figura n.º 5.3.3 Distribución con mejora.....	150

RESUMEN

La productividad es el indicador que mide la eficiencia del uso de los recursos para obtener productos, el incremento de la misma evidencia, una mejora en las operaciones en una empresa. La presente tesis, tiene como objetivo: “Mejorar la productividad a través del plan de mejora del proceso de producción en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa Electro Volt Ingenieros S.A”

Se ha realizado el Diagnostico situacional, analizando el proceso productivo integral, los indicadores de los recursos y la distribución de planta en el área de Producción. Se desarrolló la alternativa: “Rediseño del proceso y Distribución de Planta”. Las mejoras se han orientado: a) Re-estructuración del método de trabajo, enfocado en el optimar el uso de los recursos: Mano de obra, materia prima, horas máquina y energía eléctrica. b) Implementación de indicadores de gestión: Cálculo de la productividad y c) Rediseño de la distribución de planta, utilizando la matriz de relaciones y prioridades

Obteniéndose así, un incremento de la productividad del 13% lo cual implica una mejora de 0.259 \$ingreso/\$costo. Asimismo, se muestra el Flujo de caja del proyecto, realizando la evaluación de los indicadores de rentabilidad obteniéndose un VAN de \$5,148, y una TIR del 42%, con un Beneficio/Costo de 1.70.

Palabras claves: Transformador eléctrico, Productividad, Distribución de planta

ABSTRACT

The productivity is an indicator that measures efficiency of resource usage to obtain products, the increment de it shows, an improvement in business operations. This thesis, has as a objective: “Improve the productivity through a process improvement plan of mass production of oil immersed transformers, in the enterprise Electro Volt Ingenieros S.A”

It have been done a diagnostic of the current situation, analyzing the integral productivity process, resource metrics and the factory distribution in the production department. It had been developed an alternative: “Process redesign with a factory redistribution”. The improvements as been oriented to the following:

As a result obtaining, a productivity increase of 13% that will imply an improvement of 0.259 \$revenue/\$cost. Also, it shows that the project cash flow, making an evaluation of rentability metrics that obtains a VAN of \$5,148 and a TIR of 42% with a benefit/cost of 1.70

Keywords: electric transformer, productivity, factory distribution

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Asociación Española para la Calidad (2018) “Gestión por procesos”, <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/gestion-por-procesos>
- Aguirre, R. (2014) *Mejora Continua*. ICIC, Ciudad Victoria, Tamaulipas. Recuperado de <http://www.cmicvictoria.org/wp-content/uploads/2012/06/GU%C3%8DA-MEJORA-CONTINUA.pdf>
- Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. “Buenas prácticas empresariales”. Recuperado de: <http://herramientas.camaramedellin.com.co/Inicio/Buenaspracticasesempresariales>
- Correa, A. (2017) “Medición de la Productividad en Empresas de Servicios y su Impacto en la Salud Mental de los Trabajadores” en *Memorias de la Décima Sexta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2017)*, p.190-195. Recuperado de <http://www.iiis.org/CDs2017/CD2017Summer/papers/CA126DI.pdf>
- Gutiérrez, H. *Calidad total y productividad*
- Heflo. “Tipos de Indicadores de desempeño” <https://www.heflo.com/es/blog/planificacion-estrategica/indicadores-rendimiento-procesos/>
- Nunes P. (2016) “Gestión de la Producción” en *Enciclopedia Temática Knoow*. Recuperado de <http://knoow.net/es/cieeconcom/gestion/gestion-la-produccion/>
- Schroeder, R. *Administración de operaciones*, McGraw Hill.
- Tamayo, J.; Salvador, J.; Vásquez, A. y Carlo V. (Editores) (2016). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Osinergmin. Lima, Perú. Recuperado de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf